

辽宁省英那河流域环境资源损益分析与价值评估研究

孙 强 赵铨铨 韩 竹

(大连大学环境与化学工程学院 辽宁 大连 116622)

[摘要] 通过对辽宁省英那河流域环境资源损失量的实际调查,分析并测算流域生态环境保护的经济收益和生态环境破坏的经济损失。针对英那河水库扩建所产生的影响和流域生态环境的恢复与保护,进行了深入细致的环境价值评估研究,充分证明了流域实施生态环境保护战略具有极好的社会效益和经济效益。只要地方政府能在生态恢复初期给予一定的资金支持和相应的政策保障,因地制宜地、科学地构建循环经济体系,早日行动起来恢复生态环境系统,流域农民就有望早日脱贫致富。该项实证研究可为政府科学地协调好流域环境资源保护与流域经济可持续发展提供决策依据。

[关键词] 环境资源 损益分析 水资源保护 货币价值 英那河流域

[中图分类号] F407.9 [文献标识码] A [文章编号] 1003-951X(2006)06-0018-05

1 英那河流域环境损益分析

在英那河流域的环境损益分析中,水库扩建部分多采用等效益替代价值法,其余部分多采用影子价格法进行测算和比较。主要内容包括:森林功能破坏造成的经济损失、土地资源破坏造成的经济损失、水资源破坏造成的经济损失等。

1.1 森林功能破坏造成的经济损失

森林是陆地上功能最稳定的生态环境系统,它不仅具有为人类提供林木产品的经济效益,还具有涵养水源、保持土壤、防风固沙、调节气候、美化环境和净化空气等综合性社会公益和环境效益。森林的破坏必然带来经济效益和环境效益的减少。

1.1.1 流域森林蓄水功能的减少及其经济损失

森林涵养水源的功能是通过林地土壤储存降水和减少地表径流的形式体现出来的,有林地比无林地可多蓄水 $3\,500\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。据有关资料报道,通过森林储存降水量等多方面的吸收作用,森林涵养水源的能力约为 $5\,000\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ^[1]。英那河流域(流域面积为 10.4 万 hm^2)在 1 个世纪时间里,森林面积历年累计减少了 4.518 万 hm^2 。若以森林覆盖率为 70% 计,年均森林面积约减少 450 hm^2 ,即年减少蓄水 225 万 m^3 。若按大连市水利工程单位供水投资为 1.97 元/m^3 计算,此项 1 a 经济损失约 443 万元。

1.1.2 流域森林固土功能的减少及其经济损失

森林保持土壤的功能是通过防止土壤侵蚀的作用而体现出来的。有林地的土壤侵蚀量仅是无林地的 0.63%。据有关资料报道,森林固持土壤的能力为 $3\,000\text{ t/hm}^2$,结合英那河流域的地貌和植被情况^[2],按 $2\,500\text{ t/hm}^2$ 的固土能力计算,流域年平均丧失固土能力约 113 万 t。

为获得固土能力,可以采取沟头防护工程、淤地筑坎工程和缓洪拦泥工程等措施。若按大连市每拦蓄 1t 泥沙流失需要各项工程费用 2.63 元计,每年经济损失为 297 万元。

1.1.3 流域森林用材功能的减少及其经济损失

流域森林质量每况愈下,幼林、灌木林逐年增加,用材林和成熟林逐年减少。据初步调查,流域成熟林面积年均减少约 400 hm^2 ,其中绝大多数是近代(包括日本帝国主义统治时期)掠夺性砍伐所造成的。目前流域内成熟林储量极低,几乎失去了森林用材的功能。若按照成熟林出材 $140\text{ m}^3/\text{hm}^2$,成熟龄期为 40 a(即轮伐期 40 a),原木市场价格为 $1\,201.9\text{ 元/m}^3$ 考虑,平均每年损失森林用材功能价值为 $4\,206.7\text{ 元/hm}^2$ 。依此计算,流域森林用材年均损失价值约 168.3 万元。

1.1.4 流域森林其他功能的减少及其经济损失

森林的其他功能主要包括:减少大气和噪声污

[基金项目] 大连大学本科生创新教育基金项目(051113A)

[作者简介] 孙强(1954—),男,辽宁大连人,副教授,主要从事环境经济学、可持续发展战略等方面的教学与研究工作。

染,增进人体健康,提高人类生存环境质量的社会功能,调节流域气候,保证农业生产风调雨顺的功能,为多种动、植物提供栖息、繁殖、保存和发展生物量的功能等等。目前,流域森林资源逐年减少,森林的其他功能都必然下降。据环境经济学专家估算,这些难以计量的损失比上述可计量的损失要大数倍以上^[3]。

1.2 土地资源破坏造成的经济损失

英那河流域多山地,河谷纵横,山高坡陡,土层浅薄,植被欠丰。夏季雨量充沛,形成土地资源易受损害的自然环境。人为活动造成的毁林、毁草、陡坡开荒和不合理的土地利用,都加剧了流域土地资源的破坏。

1.2.1 肥料流失,地力下降

水土流失会使土壤层变薄,使其中的有机质和肥料大量流失,从而导致土质贫瘠,地力下降。《大连市农业生态环境调查》报告显示,英那河流域平均年土壤流失总量可达 43.2 万 t。一般每流失 1 t 土壤,要损失有机质 0.02 t,纯氮 0.002 t,纯磷 0.001 t,纯钾 0.004 t。依此计算,流域每年相当于损失有机质 8 640 t,纯氮 864 t,纯磷 432 t,纯钾 1 728 t。为弥补损失的土壤肥力,需要额外增加有机和无机肥料。若按纯氮 3 940 元/t,纯磷 6 500 元/t,纯钾 3 500 元/t,有机质 350 元/t 的市场价格考虑,每年造成的经济损失价值约 1 528 万元。

1.2.2 水库淤积,造成死库

据英那河水库历年资料记载,1974 年水库投入运行时,原库容曲线高程为 45.0~71.0 m,最大库容为 10 440.9 万 m³,经 20 a 运行后,库容曲线高程上升到 53.0~71.0 m,最大库容为 10 069.7 万 m³,前后减少了 371.2 万 m³。平均每年水土流失造成死库容为 18.56 万 m³,若按大连市水利工程单位供水量的投资为 1.97 元/m³ 计算,水库建设投资每年将损失约 36.56 万元。

若根据庄河市水田灌溉定额 10 500 m³/hm² 考虑,由于每年水库减容将少浇灌稻田 17.7 hm²,按水稻产量 6 450 kg/hm² 计算,每年要少收成稻谷 114 165 kg,若按市场价格 3.0 元/kg 考虑,年经济损失价值约 34.3 万元。

1.2.3 冲毁农田,危及人畜

水土流失常常导致山洪暴发,引起滑坡,使大量泥沙、石砾从山坡流下,将农作物连根刮走,毁坏农田、房屋,危及人畜。1982 年夏季,英那河流域一次最大 24 h 平均降雨量是 203.9 mm,最大 3 d 平均降雨量是 254.7 mm。那次山洪暴发造成直接经济损失约 2.0 亿元。若根据英那河流域 1966~2004 年的暴雨

观测资料分析,流域最大 24 h 平均降雨量超过 203 mm,最大 3 d 平均降雨量超过 235 mm 的频数约为每 10 a 出现 1 次。依此估算,流域山洪灾害平均年损失约 2 000 万元,折算成价值约为 25 000 万元。

1.3 水资源破坏造成的经济损失

英那河流域水资源的主要污染源是土壤中残留的化肥、农药、人畜禽粪便及泥沙等地表污染物,其次是旅游风景区的地表污染物和所排放的生活污水。

据不完全统计,流域平均每年随地表径流流入水体的有机、无机肥料约为 11 664 t,农药约 0.1 t,泥沙约 24 万 t,旅游度假区年生活污水排放量约 35 万 m³。众多污染物进入水域后,将造成水域污染,水体浑浊和富营养化。长此下去,地面水质量会由 II 类下降到 III 类(甚至失去饮用水价值),使水处理成本增高。仅按照每年向大连市供水 2.0 亿 m³、供水成本增加 2.05 元/m³ 计算,年经济损失价值约 41 000 万元。

1.4 水库扩建损失与经济收益

除水库扩建期的短期环境损失和扩建后下游径流减少带来的农业损失难以估计外,其余的损失与收益均可以货币的形式进行估算。

1.4.1 水库淹没区的经济损失

根据淹没区的实际损失调查,按照国家确定的有关补偿标准,采取移民安置、损失补偿、专项改建、防护工程及库区清理等项措施,估算英那河水库扩建所导致的淹没区经济损失约为 18 980.0 万元。若将工程按 50 a 运行期计算,平均每年经济损失为 379.6 万元。

1.4.2 影响转角楼水库发电的经济损失

英那河水库扩建后,每年减少转角楼水库发电 200 万 kW·h,按网上电价 0.619 元/(kW·h) 计算,每年经济损失价值约为 123.8 万元。

1.4.3 城市供水收益

向大连市供水所得收益采用分摊系数法计算,即按有该项目时工矿企业等的增产值乘以供水效益的分摊系数近似估算。

据《大连市引英入连供水工程规划》报告,供水区 2000 年工业总产值 496 亿元,参照引碧入连工程,供水区净产值采用 35%,供水效益分摊系数采用 3%(运行期为 50 a),计算英那河水库扩建工程项目收益,得每年供水收益为 52 100 万元,折合成现值约为 66 494 万元(计算依据: $F_n = P(1+r)^n$,2000 年时工程贴息利率 r 为 5%,到 2005 年时 $n=5$)。

1.4.4 水库养鱼收益

经测量计算,英那河水库加高后净增水面约

2546.7 hm² ,按产鱼量 225 kg/hm²、售价为 7 元/kg 计算 ,每年获得养鱼收益为 401.1 万元。

1.4.5 防洪减灾收益

以水库加高后减免洪水灾害损失的差值作为其防洪减灾收益。通过分析英那河流域历史上发生的洪水 ,采用典型调查法估算英那河水库加高前后在淹没区内各类财产总价值量 ,然后按频率法推求多年平均损失价值量。

经测算 ,在 10 a 一遇洪水的情况下 ,水库加高后可多保护房屋 18000 间 ,保护耕地约 4 万 hm²。若房屋以每间(辽南农村中国式土房的单间)1250 元计 ,损失系数按 0.25 计 ,耕地效益的影子价格以 9510 元/hm² 计 ,可得保护房屋收益 562.5 万元 ,保护耕地收益 38 040.0 万元 ,总计该项目平均年防洪收益为 38 602.5 万元。

1.5 旅游风景区收益

在冰峪沟、仙人洞风景区沿线有冰峪沟屯等近 10 个自然屯 ,人口约 2 000 人。近年来随着旅游业的发展 ,这一带大部分农民以开旅店 ,经营小商品等旅游服务业为生 ,年人均创收可达 1.5 万元。依此计算 ,旅游风景区每年所获收益约为 3 000 万元。

2 英那河流域资源保护与开发利用的费用

根据英那河流域资源保护与开发利用的对策模式^[4] ,其资源保护与开发利用的费用主要包括两大项 :①通过恢复和保持良好的森林生态环境而对流域自然资源加以保护的費用 ;②为保护、开发和利用流域水资源所发生的相关費用。

2.1 恢复和保持良好森林生态环境的费用

这些费用主要包括植树造林的投资、植物保护的投資、地貌修复工程的投資等項費用。

2.1.1 植树造林的投资

如果从 2005 ~ 2025 年 ,将流域森林覆盖率由 2005 年的 25% 逐步提高到目标水平 70% 的话 ,需要造林面积为 45 180 hm² ,每年需造林 2 259 hm² ,若投資按 13 125 元/hm² 计算 ,则每年需投資约 2 965 万元。

2.1.2 植物保护的投資

据林业部门调查 ,一般森林病虫害面积约占总面积的 5% ,如果森林覆盖(现有林地面积约为 27 620 hm²)按年平均递增面积的叠加考虑 ,每年森林受害面积约为 1 400 ~ 1 500 hm² ,若按照 1 400 hm²、病虫害防治費用 4 000 元/hm² 计算 ,每年需要防治費用约 560 万元。

2.1.3 地貌工程的投資

地貌工程是为防止水土流失所采取的重点防护

工程 ,主要包括荒坡工程、沟壑工程及危岩防护等 ,其总費用参照英那河水库扩建工程項建議书 ,估計约为 300 万元 ,按生态恢复期 20 a 考虑 ,分摊到每年约为 15 万元。

2.1.4 森林管理費用

依据英那河流域森林资源管理的范围和任务设置机构 ,参照我国自然保护区人员编制标准 ,初步确定机构编制为 40 人 ,平均标准工资采用 16 900 元/(a·人) 附加費取工资的 12% ,行政管理費取附加費的 1.1 倍 ,合计每年需要費用为 84.6 万元。

2.2 流域水资源保护与开发的費用

这些費用主要包括水库扩建的投資、水库扩建期的环境保护費用、旅游风景区污水处理等項費用。

2.2.1 水库扩建投資

英那河水库扩建工程費用包括建筑工程、机电及安装、金属结构及安装、临时工程等項費用 ,估計总投資为 39 532.8 万元。

2.2.2 水库扩建期环境保护費用

水库美化、绿化的环境費用已列入建筑工程估算內 ,但施工期间的环境費用尚没有列入总投資內。如果該項費用按总投資的 0.002 取值 ,约需要 79.1 万元。

2.2.3 旅游风景区污水处理費用

旅游风景区污水处理費用包括建立一座日处理量为 500 m³ 的小型污水处理厂和日处理量为 300 m³ 的中水利用設施兩項費用 ,前項投資约为 150 万元 ,后項投資约为 100 万元 ,合计投資约为 250 万元。兩項水处理裝置年运行費用约为 20 万元。

2.2.4 旅游风景区生活垃圾处理費用

旅游风景区日产生生活垃圾约为 20 t ,日处理費用按 75.0 元/t 计算 ,年需費用约 54.8 万元。

2.2.5 水资源管理費用

英那河流域水资源管理費用包括庫区水源管理和流域水资源管理兩項費用。前項庫区水资源管理費用为 79 万元 ,后項流域水资源管理費用 ,依据流域管轄范围和机构设置 ,参照我国自然保护区定編标准 ,初步确定为 20 人 ,按照 18 590 元/(a·人) 计算 ,年需經費 37.2 万元。合计年需要水资源管理費用 116.2 万元。

2.2.6 水库年运行費和流动資金

水库建成后的年运行費 4 842.9 万元。基于水利工程财务盈利评价指标 ,流动資金按照 3 个月的年运行費用計算应为 1 210.7 万元 ,合计为 6 053.6 万元。

3 英那河流域资源保护与开发利用的费用与收益评估

英那河流域资源保护与开发利用的费用和效益不是同时发生的,为了便于比较,必须弄清费用和收益的时间流,对不同时间的费用和收益进行贴现,求出收益净现值、费用净现值及其比值,来评估流域资源保护的费用与收益,本研究采用如下通式^[5]

PVNB = PVDE - PVCE (1)

δ = PVDE / PVCE (2)

式中:PVNB 为净效益现值;PVDE 为直接经济收益现值和间接经济收益现值之和;PVDE = PVDB + PVEB;PVDB 为直接经济收益现值;PVEB 为间接经济收益现值;PVCE 为投资费用的现值和开发引起的环境经济损失现值之和;PVCE = PVC + PVE;PVC 为投资的现值;PVE 为开发引起的环境经济损失现值;δ 为收益费用比。

流域资源保护措施实施后的直接经济收益和间接经济收益主要体现在目前流域生态环境状况引起的每年直接经济损失和间接经济损失的减少。从现在开始努力,争取 20 a 后恢复森林原貌,即 2025 年实现流域生态环境良性循环,可以认为经济损失为零。

假定其时间与收益、费用的变化规律近似为线性,以流域水资源保护为主要目标的生态环境和自然资源保护收益与费用的贴现就应参照国家经济计划委员会、建设部 2005 年颁布的《建设项目经济评价方法与参数》(第 3 版)和水利部 1996 年颁布的《水利建设项目经济评价规范》中分别规定的贴现率 *r* 为 13%和 12%,为了更加贴近实际情况,在这里取 *r* = 13%。则到 2025 年流域资源保护的净效益现值计算如下

PVNB = ∑_{i=1}^n (B_{ti} - C_{ti}) / (1 + r)^i = 1 243 448.09 - 86 865.86 = 1 156 582.23 (万元) (3)

式中:*B_{ti}*, *C_{ti}* 为发生在第 *i* 年的总收益和总费用(万元);*n* 为贴现计算期,它表示 *i* = 1, 2, ..., *n*; *n* = 20 a; *r* 为社会贴现率(13%)。

从费用与收益汇总表(表 1)中可见, *B_{ti}* 为 177 004.9 万元, *C_{ti}* 为 12 365.70 万元,据此,将 20 a 期间的收益与费用现值的计算结果填入表 2,其收益费用比 δ = 14.31。

因为流域森林其他功能的减少所造成的综合经济损失难以用货币价值计量,且这些无法估量的价

值是非常可观的,所以仅从货币价值考虑计算出的 PVNB 远远小于实际值。

表 1 流域资源保护与开发利用的费用与收益汇总 万元

序号	项 目	年费用与收益
1	流域森林蓄水功能的减少及其经济损失	+ 443.00
2	流域森林固土功能的减少及其经济损失	+ 297.00
3	流域森林用材功能的减少及其经济损失	+ 168.30
4	肥料流失、地力下降造成的经济损失	+ 1 528.00
5	水库淤积和粮食减产造成的经济损失	+ 70.81
6	冲毁农田、危及人畜造成的经济损失	+ 25 000.00
7	水资源的破坏及其经济损失	+ 41 000.00
8	城市供水收益	+ 66 494.19
9	水库养鱼收益	+ 401.10
10	防洪减灾收益	+ 38 602.50
11	旅游风景区收益	+ 3 000.00
12	流域森林其他功能的减少及其经济损失	无法估量
1~11 项的社会、经济、环境收益总和 <i>B_{ti}</i> 为:		+ 177 004.9
13	影响转角楼水库发电及其经济损失	- 123.80
14	植树造林投资	- 2 965.00
15	植物保护投资	- 560.00
16	地貌工程投资	- 300/20 = - 15.00
17	森林管理费用	- 84.60
18	水库扩建投资	- 39 532.8/20 = - 1 976.64
19	水库扩建期环境保护费用	- 79.1/20 = - 3.96
20	旅游风景区污水处理费用	- 250/20 + 20 = - 32.50
21	旅游风景区垃圾处理费用	- 54.80
22	水资源管理费用	- 116.20
23	水库运行费用和流动资金投入	- 6 053.60
24	水库淹没区经济损失	- 379.60

注:收益为正,费用为负,流域森林其他功能的减少及其经济损失目前无法估量。

表 2 2005~2025 年的 PVDE 和 PVCE 值 万元

<i>i</i>	PVDE	PVCE	<i>i</i>	PVDE	PVCE
1(2006)	156 641.50	10 943.10	13(2017)	40 836.29	2 852.86
2(2007)	138 620.80	9 684.16	14(2018)	36 138.20	2 524.64
3(2008)	122 673.02	8 570.03	15(2019)	31 980.36	2 234.17
4(2009)	108 591.96	7 584.00	16(2020)	28 301.45	1 977.16
5(2010)	96 073.00	6 711.73	17(2021)	25 045.51	1 749.70
6(2011)	85 016.76	5 939.34	18(2022)	22 164.12	1 548.40
7(2012)	75 237.99	5 256.18	19(2023)	19 614.25	1 370.27
8(2013)	66 583.24	4 651.49	20(2024)	17 358.53	1 212.68
9(2014)	58 922.24	4 116.35	21(2025)	15 361.01	1 073.13
10(2015)	52 143.08	3 642.76	$\sum_{i=1}^{20}$ = 1 243 448.09 86 865.86		
11(2016)	46 144.78	3 223.71			

由此可见,英那河流域资源保护与开发利用的费用与收益评估研究,证明了流域社会经济收益和环境经济收益的回报率都是非常高的。通过各种经济技术手段、行政管理手段等措施的实施,英那河流域的生态环境会在预期内得到逐步恢复,自然资源,特别是水资源将受到合理保护。只要政府在前期能

给予一定的资金支持和配套的政策扶持,因地制宜地正确引导地方经济走可持续发展道路,按照循环经济原理构成科学的一、二、三产业链,流域生态环境就能早日步入良性循环,农民们就会逐渐地摆脱贫困。只有流域生态环境恢复了原貌,流域的经济发展才是可持续的。

[参考文献]

[1] 窦芳.治水之本在治山,治山之道在兴林[M]//陈复,郝吉明,唐华俊,等.中国人口资源环境与可持续发展战略研究.北京:中国环境科学出版社,2000:1013-1014.

[2] 孙强,赵丽,矫学成,等.英那河流域资源开发与环境影响[M]//何少先,于希贤,郭慧光,等.环境保护与环境工程.西安:陕西人民教育出版社,2002:412-417.
[3] 珀曼,马越,麦吉利夫雷,等.自然资源与环境经济学[M].侯元兆,张涛,李智勇,等译.北京:中国经济出版社,2002:434-437.
[4] 孙强.辽宁省英那河流域水资源保护的基本原则与策略[J].水利水电科技进展,2003,23(增刊):83-85.
[5] 孙强.环境经济学概论[M].北京:中国建材工业出版社,2005:108-111.

(收稿日期:2005-11-22 编辑:梁志建)

(上接第2页)如:1956年以前,山前溢出带泉水流量为4.29亿~5.00亿 m^3/a ,随着渠首引提水工程的建成,到1960年泉水流量只有3.71亿 m^3/a ,2000年减少到1.78亿 m^3 ,目前仅有1.40亿 m^3 ,按该区需水量以每年1.56%~2.17%的规划速度增长预测,到2010年泉流量将减少到1.1亿 m^3 。石河子市区自1964~2003年,地下水位下降了12~18m,玛纳斯县城西侧地下水位平均年下降0.17m,安集海1号水源地地下水年均下降0.49~1.28m,玛纳斯县新户坪水库北侧及玛纳斯平原林场分别形成了两个中心,下降值分别为14.35m和11.65m的下降漏斗区。

4 结 论

山地作为流域水塔,是流域水源涵养地和生态调节源,山地来水(客水)与少量的天然降水相互作用而形成的水分分布与转化条件,是形成盆地生态系统的核心,出山口径流在平原盆地的有效转化和耗散,维持了流域脆弱、敏感、嬗变的生态系统,形成了人工绿洲、天然绿洲、绿洲—荒漠过渡带和荒漠彼此联系又相对稳定的生态结构。人工水循环的不断加强改变了平原盆地的水文过程和分配机制,使人工绿洲用—耗水通量大大增加,而径流向下游排泄能力大大减弱,天然绿洲及荒漠可利用的潜水蒸发减少,这种改变使中游水分垂向循环加强,蒸发下渗量加大,人工绿洲及周边生态异常茂盛,甚至出现次生盐渍化,而下游水平方向径流量减少,天然绿洲及绿洲—荒漠过渡带可利用生态水量大量减少,造成随上游绿洲对水资源开发、利用和消耗程度的不断提高,下游河道断流、湖泊萎缩、湿地消失、天然绿洲缩小、绿洲—荒漠过渡带退化、尾间湖消失^[1]。

绿洲水循环的二元分化也使径流耗散结构发生了根本改变。人工水循环的加强,使天然植被生态需水除径流直接补给外,相当部分要靠人工系统的代谢水及回水。径流性补给的日渐减少,首先将导

致绿洲—荒漠过渡带减少并退化为荒漠,继而使天然绿洲缩小,退化为以降水补给为主的过渡带,如果水资源开发利用不合理,灌溉水回归不畅,人工系统周围将形成大面积次生盐碱化,减少了人工系统的产出,同时由于水分在次生盐碱化面积上的浪费,更减少了下游生态可用水资源,对流域生态形成双重破坏。

[参考文献]

[1] 徐素宁,杨景春,李有利.近50年玛纳斯河流量变化与气候变化的响应[J].地理与地理信息科学,2004,20(6):65-66,66-68.
[2] ABBOTT M B, REFSGAARD J C.分布式水文模型[M].郝芳华,王玲,李春晖,译.郑州:黄河水利出版社,2003:108-121.
[3] 陈志恺,王浩,汪党献.西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究[M].北京:科学出版社,2003:74-98.
[4] 杨志峰,崔保山,刘静玲.生态环境需水量理论、方法与实践[M].北京:科学出版社,2003:329-395.
[5] 翁文斌,王浩,汪党献.基于宏观经济的区域水资源多目标集成系统[J].水科学进展,1995,17(2):104-109.
[6] 赵文智,程国栋.干旱区生态水文过程研究若干问题评述[J].科学通报,2001,46(22):1851-1857.
[7] 黄奕龙,傅伯杰,陈利顶.生态水文过程研究进展[J].生态学报,2003,23(3):580-587.
[8] 杨小柳,刘戈力,甘泓.新疆经济发展与水资源合理配置及承载能力研究[M].郑州:黄河水利出版社,2003:250-291.
[9] 王浩,陈敏建,秦大庸,等.西北地区水资源合理配置和承载能力研究[M].郑州:黄河水利出版社,2003:108-204.
[10] 胡汝驥.中国天山自然地理[M].北京:中国环境科学出版社,2004:148-182.
[11] WESTERVELT J.流域管理的模拟建模[M].程国栋,李新,王书功,译.郑州:黄河水利出版社,2004:205-278.

(收稿日期:2006-04-28 编辑:梁志建)